

# Виробничий досвід

УДК 622.276.53.001

## ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ФОРСИРОВАННОГО ОТБОРА ЖИДКОСТИ НА ОСНОВЕ СИСТЕМНОГО АНАЛИЗА

*И.З. Ахмедов, С.Э. Тагиева, А.Н. Гурбанов*

ГНКАР «Институт научных исследований», Азербайджан, г. Баку, ул. Зардаби, 88,  
тел./факс (99412) 4335390, e-mail: [aznsell@eidata.net](mailto:aznsell@eidata.net)

Досліджено можливості збільшення нафтовидобутку на родовищах НГВУ ім. Тагієва ДНКАР. З використанням системного підходу були побудовані залежності основних показників розробки, знайдені їх математичні моделі, що дають змогу регулювати процес відбору нафти та рідини. На основі аналізу подаються обґрунтовані рекомендації щодо збільшення ефективності управління процесом експлуатації родовища Гала. Вказується на можливість збільшення видобутку з даного об'єкта, обмеження обводненості продукції, роботи в режимі економії електроенергії.

Ключові слова: відбір нафти, обводненість продукції, свердловина, видобування рідини

Исследованы возможности увеличения нефтедобычи на месторождениях НГДУ им. Тагиева ГНКАР. С использованием системного подхода построены зависимости основных показателей разработки, найдены их математические модели, позволяющие регулировать процесс отбора нефти и жидкости. На основе анализа поданы обоснованные рекомендации в целях увеличения эффективности управления процессом эксплуатации месторождения Гала. Показана возможность увеличения добычи по рассматриваемому объекту, ограничения обводненности продукции, возможность режима экономии энергии.

Ключевые слова: отбор нефти, обводненность продукции, скважина, добыча жидкости

Assessment of the forced fluid pumping-out efficiency on the basis of system analysis. The possibility of oil production increase of SOCAR Field office resources is described/ On the basis of the system approach the relations of basic production figures are made. The mathematical models regulating oil and fluid sampling are analyzed. Reasonable recommendations on the Gala field operation increase are given. The possibilities of production increase, well stream watering reduction, energy-saving mode are emphasized.

Keywords: oil sampling, well stream watering, well, fluid production

Как известно, в настоящее время нефтяная промышленность является ведущей отраслью экономики Азербайджана, и в ближайшем будущем будет оставаться ею, обеспечивая стабильный рост всех отраслей экономики страны. Нефтегазовый сектор Азербайджана обладает большим потенциалом и возможностями привлечения новых иностранных инвестиций, являющихся гарантией энергетической безопасности. Однако, несмотря на то, что основные запасы залегают в основном в морских месторождениях, исследования показывают, что необходимо уделять большое внимание и доработке старых месторождений, находящихся на суше, которые содержат достаточное количество запасов нефти и газа. В связи с этим применение различных методов для увеличения нефтедобычи имеет весьма актуальное значение.

Как известно, для месторождений, находящихся на поздней стадии разработки, одним из эффективных методов увеличения нефтедобычи является форсированный отбор жидкости (ФОЖ). При этом в неоднородных и сильно обводненных пластах в разработку вовлекаются остаточные целики нефти, линзы, тупиковые и застойные зоны и малопроницаемые пропластки. Основными условиями эффективного применения этого метода являются:

- значения обводненности продукции не менее 80-85%;
- высокие коэффициенты продуктивности скважин и забойные давления;
- наличие технических и геолого-физических возможностей увеличения дебитов (устойчивость коллектора, отсутствие опасений прорыва чуждых вод и т.д.).

Таблица 1 – Добывные показатели эксплуатации месторождения Гала

Показатели	Значения по отделам продуктивной толщи					
	Низы			Верхи		
	миним.	максим.	среднее	миним.	максим.	среднее
Нефть, т/сут	0,2	3,5	1,2	0,1	2,2	0,8
Жидкость, м <sup>3</sup> /сут	3	44,5	12	3	58	18,9
Вода, м <sup>3</sup> /сут	2	43	10,9	2,9	57,2	18,1
Обводненность, %	53	99	87	83	99	94

Таблица 2 – Добывные показатели эксплуатации верхнего отдела продуктивной толщи

Показатели	Отбор жидкости до 10 м <sup>3</sup> /сут			Отбор жидкости свыше 19 м <sup>3</sup> /сут		
	миним.	максим.	среднее	миним.	максим.	среднее
Нефть, т/сут	0,1	1,2	0,5	0,1	1,5	1,01
Жидкость, м <sup>3</sup> /сут	3	10	6,9	19,5	58	34,4
Вода, м <sup>3</sup> /сут	2,9	8,8	6,5	18,2	57,2	33,4
Обводненность, %	86	98	93,4	91	99	96,4

Для назначения и оценки целесообразности форсированного отбора сначала необходимо исследовать возможности роста добычи нефти при увеличении отбора жидкости из пласта. Решение о применении ФОЖ должно быть принято только после изучения взаимосвязей между дебитом нефти, воды, жидкости, а также обводненности. При этом дебиты жидкости назначаются по максимуму дебита нефти. Естественно, что если при увеличении отбора жидкости, дебит нефти не увеличивается, то проведение ФОЖ является бессмысленным [1, 2].

Принимая во внимание вышеотмеченное, в предложенной работе с целью оценки эффективности применения метода ФОЖ были проведены исследования на основе фактических промысловых данных эксплуатации скважин на площади месторождения Гала НГДУ им. Г.З.Тагиева. Основные показатели технологического режима эксплуатации этих скважин приведены в таблице 1 [3].

Как видно из таблицы, диапазон изменения рассматриваемых показателей и их средние значения отличаются по отделам продуктивной толщи. По всем добывным показателям их значения по нижнему отделу заметно меньше соответствующих значений по верхнему отделу, что свидетельствует о существенном различии в геолого-физических и эксплуатационных условиях отдельных объектов. Поэтому, с целью обеспечения однородности информации и достоверности результатов исследования проводились для верхнего и нижнего отделов продуктивной толщи отдельно. Надо отметить, что больше половины скважин – (66%) эксплуатируются с верхнего отдела, основные добывные показатели которых представлены в табл. 2.

Как было отмечено выше, основное условие применимости ФОЖ – это наличие положительной общей корреляции, т.е. функциональной зависимости между добычей нефти и отбором жидкости по залежи. Но для проверки этого условия необходимо проведение меро-

приятий по увеличению общего отбора по рассматриваемой залежи. Однако в силу ряда причин, присущих месторождениям, находящимся на поздней стадии разработки, начиная от технического состояния скважин и оборудования, заканчивая геолого-физическими условиями призабойной зоны пласта, проведение полномасштабных мероприятий в этом направлении очень ограничено. Поэтому на основе системного подхода была построена зависимость дебита нефти от дебита жидкости по всем рассматриваемым скважинам, представленная на рис. 1. При этом эксплуатационный объект (верхний отдел продуктивной толщи) и все скважины, работающие в примерно одинаковых условиях, рассматриваются как единая гидродинамическая система. Поэтому эта зависимость рассматривается как общий динамический процесс отбора жидкости из пласта, а каждая точка графика, соответствующая отдельной скважине – как отдельный режим отбора [4].

Как видно из рисунка, наблюдается некоторый разброс в значениях точек на графике. Однако более детальный анализ промысловых данных и соответствующей зависимости выявил наличие двух интервалов дебитов жидкости, в которых наблюдаются достаточно четкие закономерности изменения дебита нефти, а именно, при отборе жидкости в интервалах до 10 м<sup>3</sup>/сут и больше 19 м<sup>3</sup>/сут. Поэтому в работе анализируются изменения показателей именно в этих пределах изменения отбора жидкости.

С целью выяснения изменения добычи нефти были построены и проанализированы зависимости дебита нефти от степени обводненности и от дебита жидкости. На рис. 2 представлено изменение среднего значения дебита нефти от дебита жидкости при отборе жидкости до 10 м<sup>3</sup>/сут. Как видно из рисунка, при увеличении дебита жидкости наблюдается заметный рост дебита нефти на всем диапазоне изменения дебита жидкости, с 0,2 до 1,2 т/сут. С помощью компьютерной программы зависимость

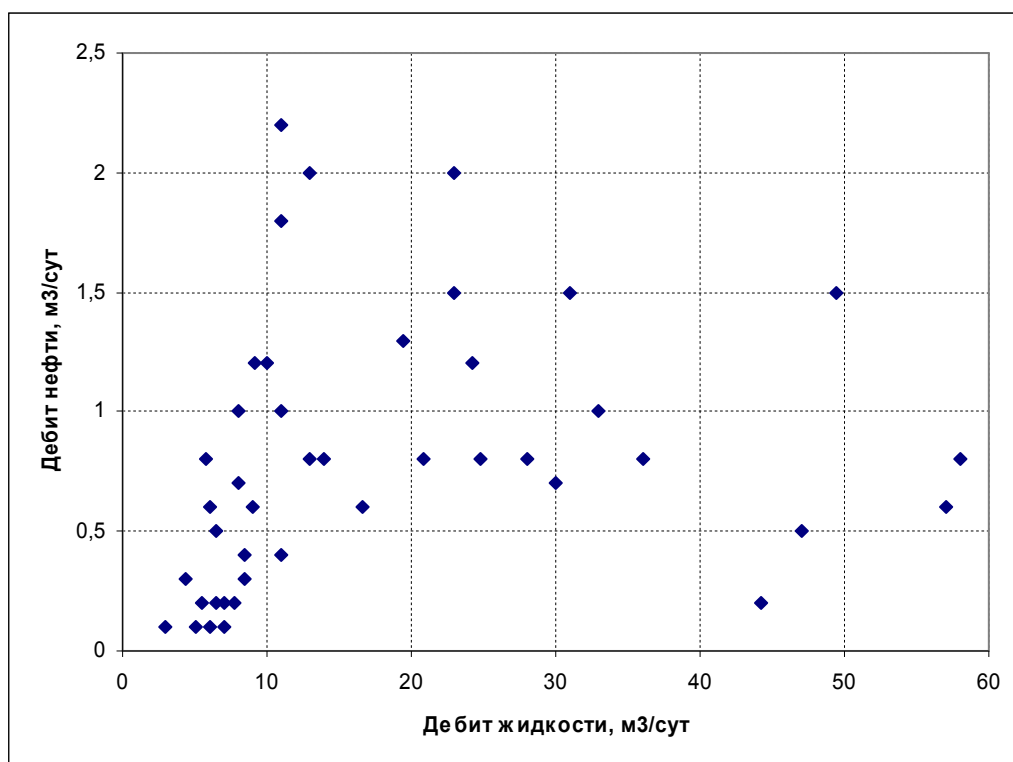


Рисунок 1 – Зависимость дебита нефти от дебита жидкости

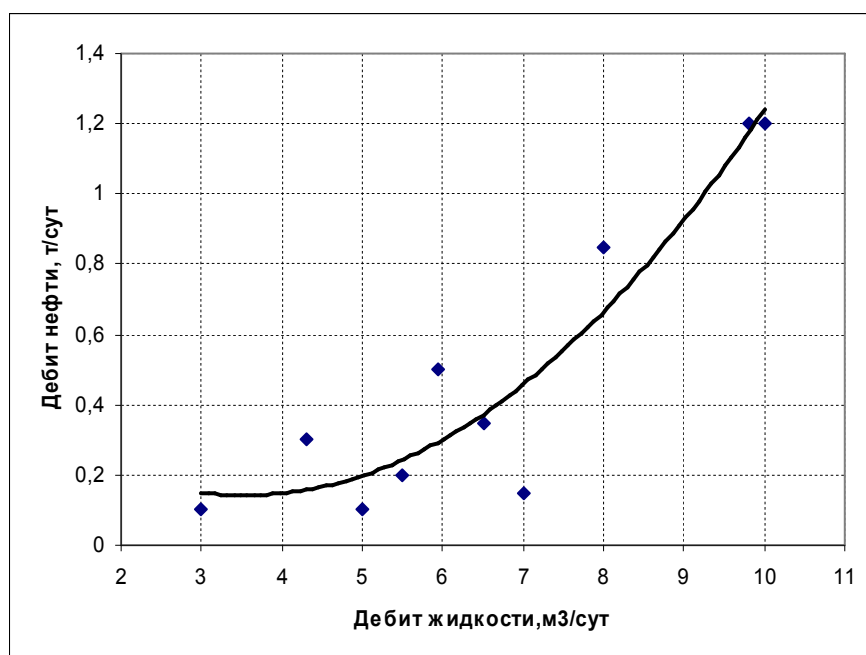


Рисунок 2 – Зависимость дебита нефти от дебита жидкости при отборе жидкости до 10 м³/сут

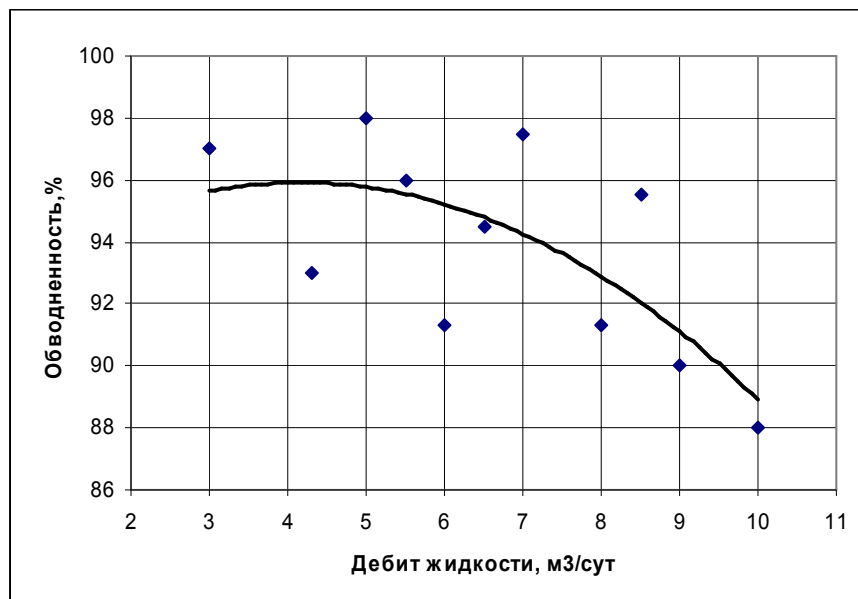
дебита нефти от дебита жидкости представлена уравнением:

$$q_n = 0,0264632q_{жс}^2 - 0,1873q_{жс} + 0,4746.$$

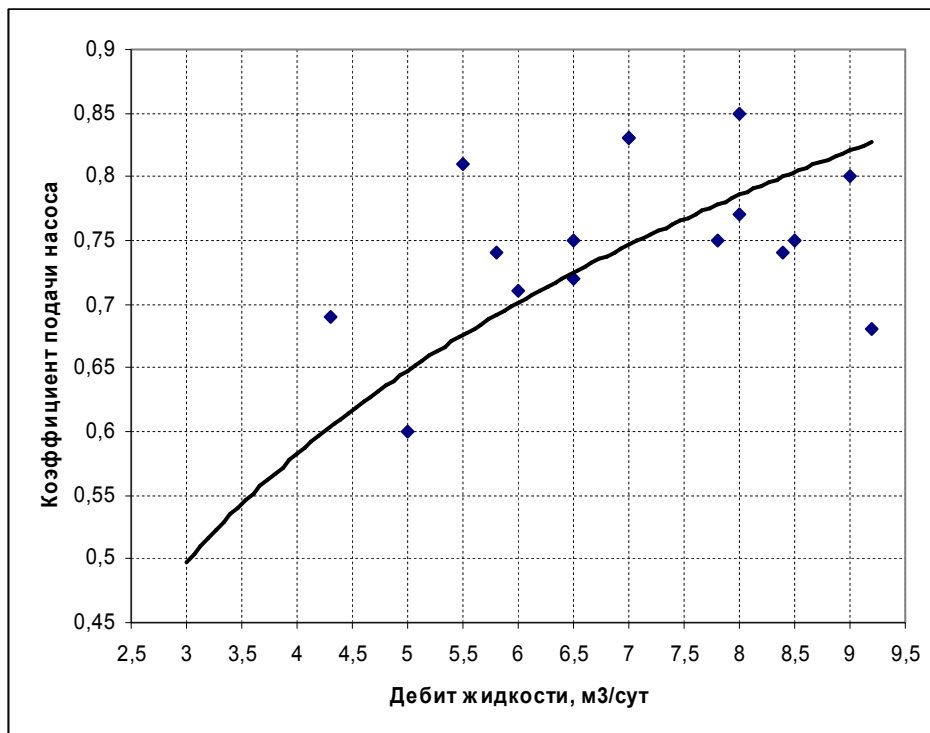
Анализ зависимости обводненности продукции от отбора жидкости (рис. 3) показывает, что рост среднего дебита жидкости не способствует росту обводненности, а даже приводит к ее уменьшению. Математическая модель зависимости обводненности от дебита жидкости может быть представлена уравнением:

$$q_{обв} = -0,205q_{жс}^2 + 1,708q_{жс} + 92,4.$$

Для подтверждения наличия положительного влияния отбора жидкости на дебит нефти, а также уменьшения обводненности с ростом отбора были построены и проанализированы зависимости коэффициента подачи скважинного насоса от дебита жидкости (рис. 4). Исследования этой зависимости для группы скважин с дебитом жидкости до 10 м³/сут показали, что с



**Рисунок 3 – Залежність обводненості від дебіта рідини при отборі рідини до 10 м³/сут**



**Рисунок 4 – Залежність коефіцієнта подачі насоса від дебіта рідини при отборі до 10 м³/сут**

ростом дебіта рідини коефіцієнт подачі збільшується.

Це вказує на те, що коефіцієнт подачі зростає за рахунок збільшення відбору нафти, а не води. Математична модель цієї залежності може бути представлена наступним рівнянням:

$$K = 0,294 \ln(q_{жс}) + 0,17.$$

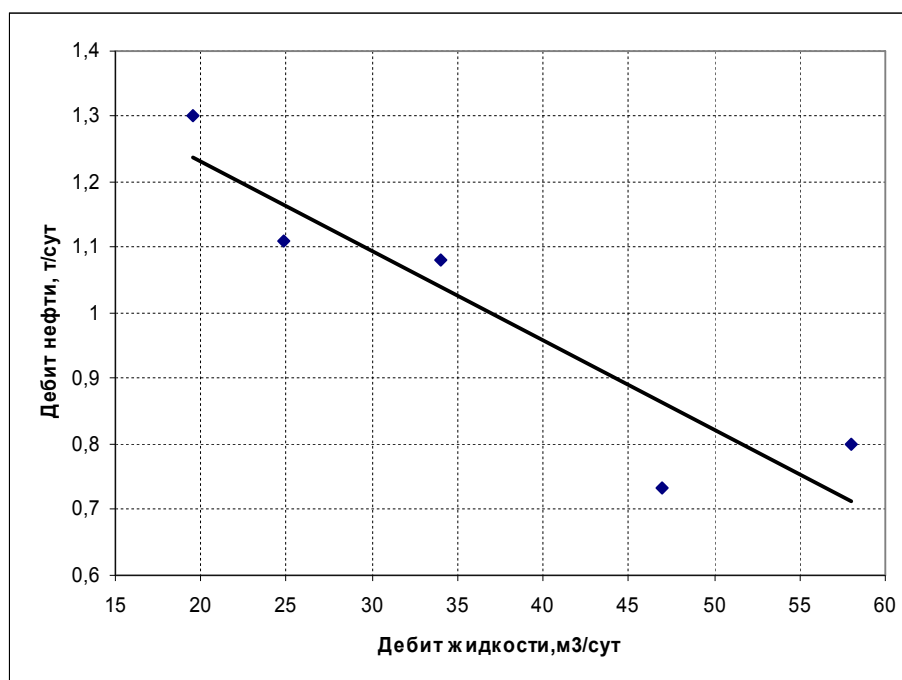
Аналогічні дослідження зміни показників були проведені і для скважин з відбором рідини вище 19 м³/сут. Залежність середнього значення дебіта нафти від відбору жи-

дини показана на рис. 5. Як видно, з збільшенням дебіта рідини середнє значення дебіта нафти зменшується, що вказує на негативний вплив зростання відбору рідини на дебит нафти.

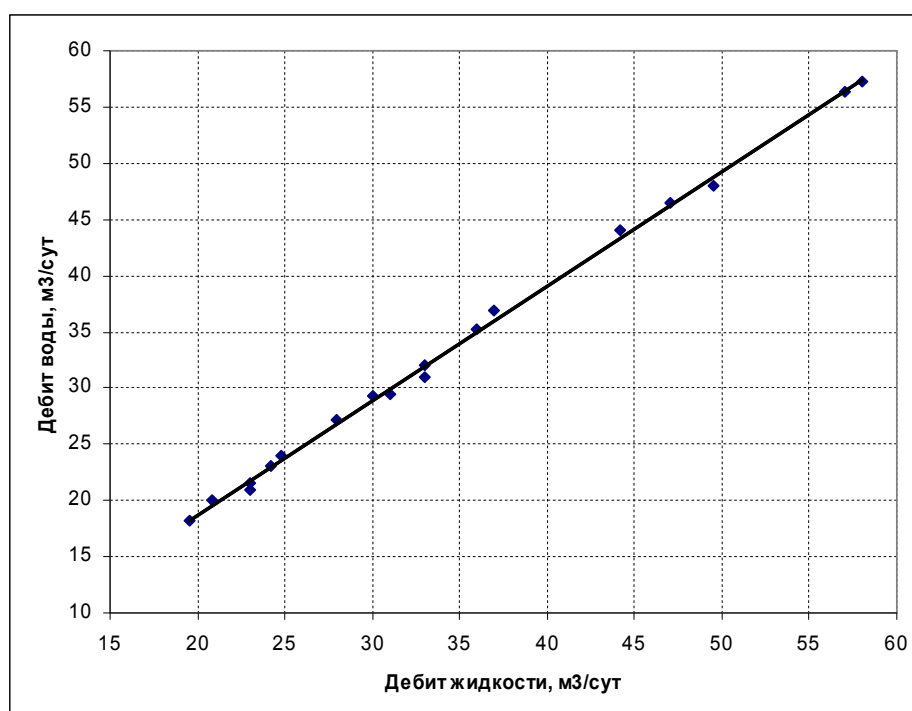
Залежність дебіта нафти від дебіта рідини для розглянутих скважин може бути описана наступним рівнянням:

$$q_n = 0,0136 q_{жс} + 1,50.$$

З метою підтвердження негативної кореляції між відбором рідини і дебітом нафти побудована і проаналізована також



**Рисунок 5 – Зависимость дебита нефти от дебита жидкости при отборе жидкости свыше 19 м³/сут**



**Рисунок 6 – Зависимость дебита воды от дебита жидкости при отборе жидкости свыше 19 м³/сут**

зависимость дебита воды от дебита жидкости (рис.6). Как видно, с увеличением дебита жидкости однозначно увеличивается и дебит воды. Математическая модель этой зависимости может быть представлена следующим линейным уравнением:

$$q_v = 1,017 q_{жс} - 1,59 .$$

Анализ зависимости коэффициента подачи скважинного насоса от дебита жидкости (рис.7)

показывает, что с ростом дебита коэффициент подачи также растет. Однако это объясняется увеличением объема воды в продукции, поступающей в цилиндры насоса.

Анализ и оценочные расчеты показали возможность прироста добычи нефти от форсировки отбора по рассматриваемой группе скважин около 7%.

Одним из важных результатов возможности регулирования добычи является умень-

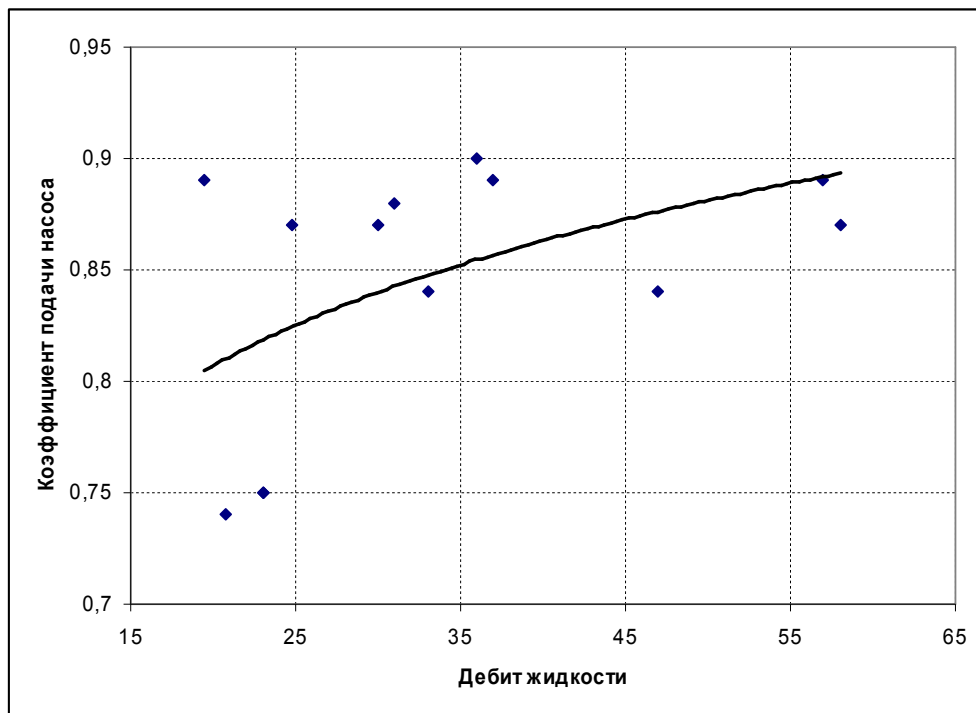


Рисунок 7 – Зависимость коэффициента подачи насоса от дебита жидкости при отборе свыше 19 м³/сут

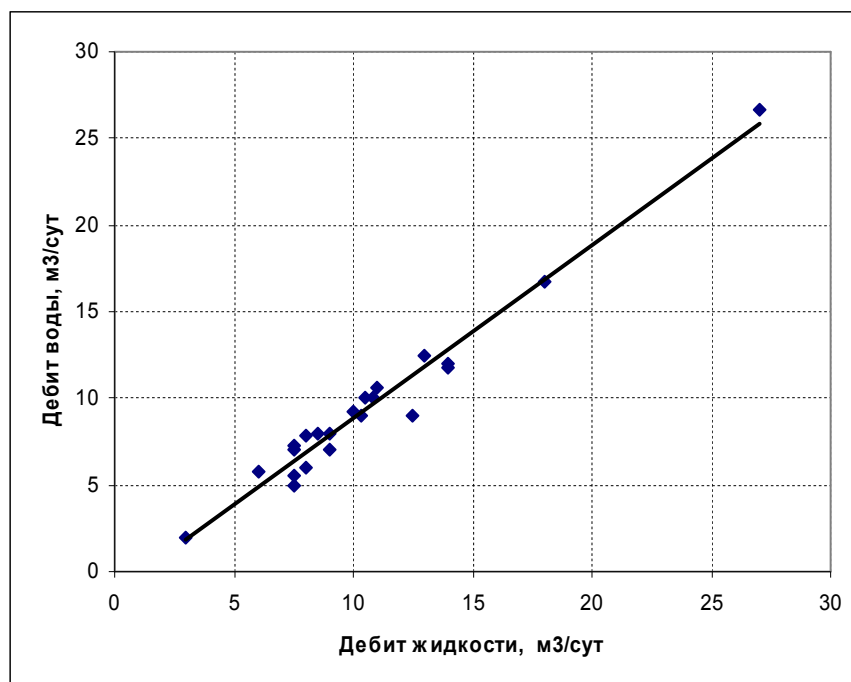


Рисунок 8 – Зависимость дебита воды от дебита жидкости для нижнего отдела

шение отбора пластовой воды. Как видно из табл.2, для группы скважин, работающих с дебитом жидкости до 10 м³/сут, дебит воды почти в 5 раз меньше дебита воды в скважинах, отбирающих жидкость больше 19 м³/сут, а средняя обводненность меньше на 3%. Уменьшение отбора воды приводит к значительному уменьшению энергии, расходуемой на подъем жидкости из скважин, а также различных расходов на утилизацию пластовой воды в промышленных условиях. Таким образом, исследования, про-

веденные на основе промысловых данных, указывают на целесообразность применения форсированного отбора жидкости в скважинах, эксплуатируемых с верхнего отдела продуктивной толщи месторождения Гала.

Аналогичные исследования были проведены и для нижнего отдела продуктивной толщи месторождения. В результате анализа взаимовлияния дебитов нефти и жидкости по этим скважинам функциональной связи между добычей нефти и жидкости не обнаружено. Одна-

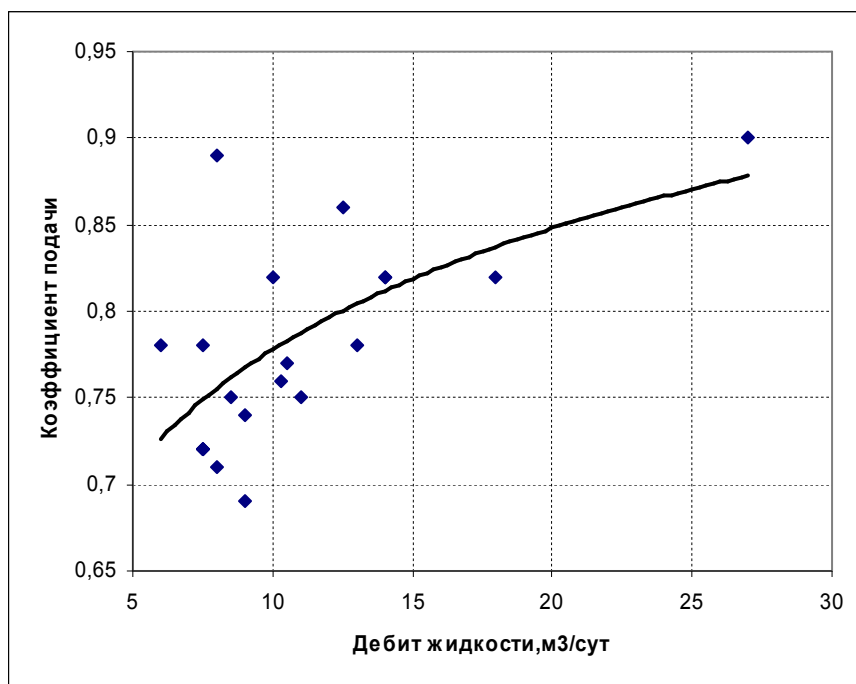


Рисунок 9 – Зависимость коэффициента подачи насоса от дебита жидкости для нижнего отдела

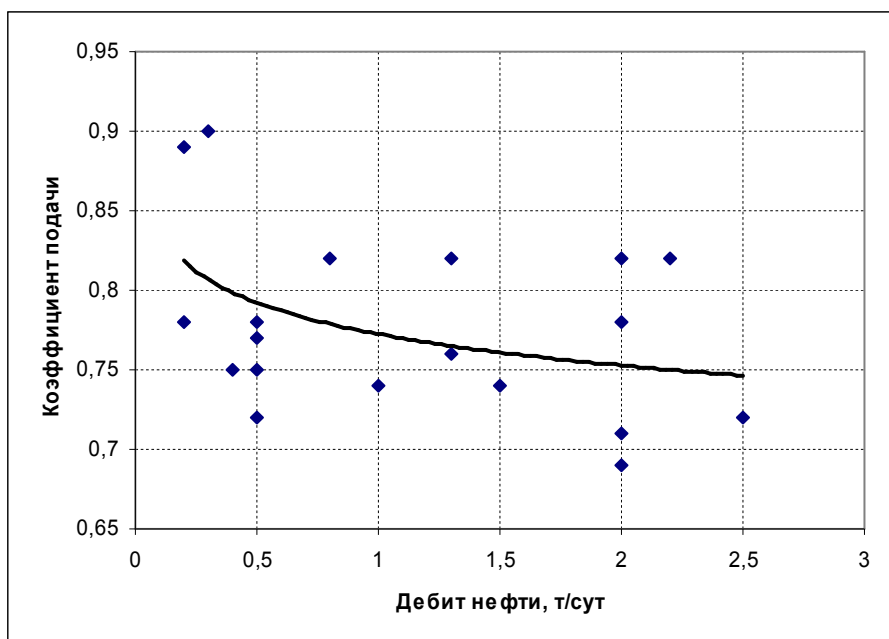


Рисунок 10 – Зависимость коэффициента подачи насоса от дебита нефти для нижнего отдела

ко анализ зависимости дебита воды от дебита жидкости наглядно показал, что с увеличением отбора жидкости увеличивается и дебит воды (рис.8).

Для подтверждения отрицательной корреляции между отбором жидкости и нефти рассмотрены зависимости коэффициента подачи насосов от дебита жидкости и нефти.

На рис. 9 и 10 показаны изменения коэффициента подачи скважинных насосов в зависимости от изменения отбора жидкости и нефти. Как видно, при увеличении отбора жидко-

сти наблюдается небольшое повышение коэффициента подачи насоса, а при увеличении дебита нефти - его уменьшение.

Таким образом, анализ процесса отбора по нижнему отделу показывает отсутствие корреляционной связи между добычными показателями, что исключает основания для проведения ФОЖ на этих объектах.

В заключении необходимо отметить, что системный подход и применяемые математико-статистические методы дают возможность выработать лишь стратегию эксплуатации, но ни в

кчем случае не исключают индивидуального подхода в исследованиях скважин. Проведенные в работе исследования носят обобщенный и прогнозный характер, а полученные модели представляют возможность в некоторой степени регулировать процесс отбора нефти и жидкости.

#### **Выводы:**

Возможность регулирования процесса отбора жидкости по верхнему отделу продуктивной толщи;

Проведение ФОЖ целесообразно при отборе жидкости до 10 м<sup>3</sup>/сут;

Возможность прироста добычи нефти и уменьшение затрат на подъем и утилизацию пластовой воды.

#### **Литература**

1 Бойко В.С. Разработка и эксплуатация нефтяных месторождений: учебник для ВУЗов. / В.С. Бойко. – М.: Недра, 1990. – 427 с.

2 Лысенко В.Д. Рациональная разработка нефтяных месторождений / В.Д. Лысенко, В.И. Грайфер. – М.:ООО «Бизнесцентр», 2005. – 607 с.

3 Мирзаджанзаде А.Х. Динамические процессы в нефтегазодобыче: Системный анализ, диагноз и прогноз / А.Х. Мирзаджанзаде, А.Х. Шахвердиев. – М.: Наука, 1997. – 254 с.

*Стаття надійшла до редакційної колегії  
07.03.11*

*Рекомендована до друку професором  
Кондратом Р.М.*